

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 01-275148

(43)Date of publication of application : 02.11.1989

(51)Int.Cl.

B41J 3/04

(21)Application number : 63-105778

(71)Applicant : CANON INC

(22)Date of filing : 28.04.1988

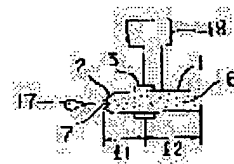
(72)Inventor : KUBOTA HIDEMI

## (54) INK JET RECORDING METHOD

## (57)Abstract:

PURPOSE: To perform stable discharge of ink droplet and rapid stop of the motion of a meniscus by abruptly contracting an electromechanical converter, holding it for a predetermined period of time, and then stepwisely and abruptly generating the expansion of a predetermined level at it.

CONSTITUTION: A piezoelectric element 3 mounted in an ink pressure chamber 1 is disposed at the intermediate between an ink supply port 6 and an ink discharge port 2, and a driving voltage is applied by a driving circuit 18. When an abrupt voltage is applied to the element 3, the element 3 is contracted, held while the applied voltage maintains a predetermined value, and the free vibration of the element 3 is suppressed. A positive pressure part is formed at the moment that the element 3 is contracted, and propagated as a pressure wave toward the ports 6 and 7. When the positive pressure part is left to stand for as it is, the ink mightly be discharged. Accordingly, the driving voltage is reduced at the moment that the positive pressure part passes inside the element 3, the element 3 is expanded, and a negative pressure part is generated. This stepwise expansion is conducted by two stages, and the timings  $t_1$ ,  $t_2$  of starting the expansions are set in formulae [I].



$$t_1 = \frac{2 \cdot \pi \cdot l \cdot \sqrt{\rho \cdot d}}{G} \quad , \quad t_2 = \frac{4 \cdot \pi \cdot l \cdot \sqrt{\rho \cdot d}}{G}$$

(ただし、 $l$ は電圧感受素子の共振位置から  
 両側の開放口までの距離、 $G$ は電気機械変換  
 定数の絶対値、 $\rho$ はインクの密度、 $d$ は  
 素子の厚さ、 $\pi$ は円周率である。)

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A) 平1-275148

⑬ Int. Cl.<sup>4</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 平成1年(1989)11月2日

B 41 J 3/04

1 0 3

A-7513-2C

審査請求 未請求 請求項の数 4 (全7頁)

⑮ 発明の名称 インクジェット記録方法

⑯ 特 願 昭63-105778

⑰ 出 願 昭63(1988)4月28日

⑱ 発 明 者 久 保 田 秀 美 神奈川県川崎市高津区下野毛770番地 キヤノン株式会社  
玉川事業所内

⑲ 出 願 人 キヤノン株式会社 東京都大田区下丸子3丁目30番2号

⑳ 代 理 人 弁理士 大 音 康 毅

明 細 書

1. 発明の名称

インクジェット記録方法

2. 特許請求の範囲

(1) 先端にノズルを有するインク圧力室に設けられた電気機械変換素子の収縮、膨張によって前記インク圧力室に生じる圧力波動を用いて前記ノズルよりインク滴を吐出させるオンデマンド型インクジェット記録装置において、前記収縮を急激に生じさせると共にこの収縮を一定時間保持したのち、段階的に前記膨張を急激に生じさせて前記収縮を或るレベルまで解く駆動電圧を、前記電気機械変換素子に印加することを特徴とするインクジェット記録方法。

(2) 前記段階的な膨張を生じさせる際の駆動電圧を可変できるようにしたことを特徴とする特許請求の範囲第(1)項に記載のインクジェット記録方法。

(3) 前記段階的な膨張のための駆動電圧に引き続いて、その膨張を緩やかに消滅させる駆動電

圧を付加したことを特徴とする特許請求の範囲第

(1)項に記載のインクジェット記録方法。

(4) 前記段階的な膨張を2段階とし、各々の膨張開始のタイミングを $t_1$ 、 $t_2$ を、

$$t_1 = \frac{2(L_1 + 2L_2)}{C}, t_2 = \frac{4(L_1 + L_2)}{C}$$

(ただし、 $L_1$ :電気機械変換素子の配設位置からインク吐出口までの距離、 $L_2$ :電気機械変換素子の配設位置からインク供給口までの距離、 $C$ :圧力波動がインク圧力室内を伝播する速度)に設定することを特徴とする特許請求の範囲第(1)項に記載のインクジェット記録方法。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は、インクジェット記録装置に用いられ、そのインクジェット記録ヘッドに設けられた電気機械変換素子を駆動する為のインクジェット記録方法に関する。

(従来の技術)

インクジェット記録装置は、第6図に示すよう

に、インク圧力室1の端部にインク吐出用のノズル2を備え、このノズル2の近傍に設けられた電気機械変換素子としての圧電素子3を設けたインクジェット記録ヘッド10が用いられている。圧電素子3に記録データに応じた駆動電圧を印加することによって、インク圧力室1に定常一拡大一定常、または定常一収縮一定常操作がなされ、インク圧力室1に生じる加圧力によりインク滴が吐出される。この吐出により飛翔したインク滴が被記録体(記録紙、フィルム等)の表面に付着し、ドットが形成される。

駆動電圧は、第7図の如くに立上がり部a、定値部b及び立下がり部cを有し、立上がり部aでインク圧力室1を収縮させ、その際に生じる圧力でインク滴を吐出させる。定値部bは収縮状態を保持し、立下がり部cで立上がり部aによる拡大により、元の状態に戻される。

次に、第6図及び第8図～第10図を参照して、第7図の駆動電圧によるインク滴の吐出動作を詳細に説明する。

このため、圧電素子3の内側に位置するインクの圧力は低下し、第9図のように、 $-1/2 \Delta P$ になる。すると、圧電素子3が収縮した瞬間の場合と同様に、インク流路内に長さが $l$ の $-1/2 \Delta P$ の圧力を持った2つの負圧部分11及び12が圧力波として第10図のように生じる。なお、駆動電圧の定値部bの発生期間が長いものとしたため、第8図における領域8及び9がインク圧力室1を完全に去っているものとしたが、実際には定値部bが短いため、領域8と9及び負圧部分11と12の各々は互いに重なり合う場合もあるが、線型性があるため、2つに分けて考えることができる。

ところで、領域9の部分は、インク吐出口7からインクを押し出し、その波動エネルギーをインク滴の運動エネルギーに変換する。この領域9の正圧 $1/2 \Delta P$ は完全にエネルギーを失うわけでは無いが、 $1/2 \Delta P$ に比べてかなり弱まり、ノズル2の壁面およびインク吐出口7で反射してインク供給口6方向へ向かう。一方、領域8にお

ける第6図に示すように、駆動電圧の立上がり部aでインク圧力室1が収縮し、インク圧力室1内のインク圧力は $\Delta P$ だけ上昇する。また、インク圧力室1とインク流路との境界面4及び5に圧力差が生じるため、圧力波動が発生し、インク供給路6及びインク吐出口7方向に伝播する。

圧電素子3が収縮してしばらくすると、第8図のように、圧電素子3よりインク供給口6及びインク吐出口7の夫々に寄った側の領域8及び9が $1/2 \Delta P$ の圧力値になっている。これら2つの高圧部分の長さは概ね圧電素子3の長さ $l$ に等しい。圧電素子3の機械的性質(質量、弾性定数等)により、高圧部分8、9の境界は第8図に示したように、明確に線引きをすることは難しいが、説明の便宜上このようにしている。収縮を続けている圧電素子3の内側に位置するインクは、この時点で収縮前の圧力(例えば、大気圧)に戻されている。

ここで、圧電素子3に印加する電圧が、第6図の立下がり部cになると、圧電素子3は膨張する。

正圧 $1/2 \Delta P$ 及び負圧部分11、12はインク圧力室1内を往復する。このとき、領域8は、インク供給口6で反射すると、 $-1/2 \Delta P$ の負圧部分となってノズル2方向に向かい、逆に、負圧部分11は正の圧力部分となってノズル2方向へ向かう(これはインク供給口6が開口端になっていることによるものである)。一方、負圧部分12は、インク吐出口7で同様に反射し、インク供給口6方向へ向かう。

(発明が解決しようとする課題)

しかし、このような従来のインクジェット記録方法にあっては、インク吐出口7の直径 $d_2$ がインク圧力室1の直径 $d_1$ に比べて十分に小さいため、開口端としてではなく、閉端として機能する。このため、負圧部分12は反射した後も負の圧力部分として伝播し、インク供給口6方向へ向かう。したがって、領域8の正圧及び負圧部分11、12の各圧力波が、インク供給口6及びインク吐出口7で反射して往復動し、それが、インク吐出口7に到達する毎に、第11図のようにインク吐出

口7に形成されているメニスカス14が方向15または方向16へ運動し、領域8の正圧、負圧11及び12がインク供給口6とインク吐出口7の間を何回も往復し、固まるまで静止しない。このため、次のインク滴を吐出させるまでに時間がかかり、ヘッドの周波数特性を悪化させている。また、正の圧力波としてインク吐出口7に到達したときに第2滴を吐出させることになり、画質を悪化させる。さらに、負の圧力波がインク吐出口7に到った際に空気を吸い込んでインク流路内に泡を発生させ、インク吐出不能を招くことがある。

以上の問題を解決するために、圧電素子3に第2パルス電圧を印加することが考えられる。即ち、第8図及び第9図に示した領域8の正圧1/2ΔPがインク供給口6で反射し、第12図に示すように負圧部分17となって圧電素子3の内側を通過する時刻に第2のパルス電圧の立上がり時刻を一致させて負圧部分17を打ち消すのが最も有効である。しかし、新たに2つの正の圧力波動と1つの負の圧力波動を生じてしまうため、第2滴の

吐出を抑えることはできるものの、メニスカスの復帰に時間がかかると共に、泡を取り込む危険が依然として残される不具合がある。

本発明の目的は、このような従来技術の問題を解決でき、インク滴を安定に吐出させ、かつメニスカスの運動をすみやかに静止させることが可能なインクジェット記録方法を提供することである。

#### 〔課題を解決するための手段〕

本発明は先端にノズルを有するインク圧力室に設けられた電気機械変換素子の収縮、膨張によって前記インク圧力室に生じる圧力波動を用いて前記ノズルよりインク滴を吐出させるオンデマンド型インクジェット記録装置において、前記収縮を急激に生じさせ、この収縮を一定時間保持したのち、段階的に前記膨張を急激に生じさせて前記収縮を成るレベルまで解く駆動電圧を、前記電気機械変換素子に印加するようにし、もって上記目的を達成するようにしたものである。

さらに、段階的に膨張を生じさせる際の駆動電圧を可変できるようにすることができる。

また、段階的な膨張に引き続いて膨張を緩やかに消滅させる電圧を付加することが望ましい。

また、段階的な膨張を2段階とし、各々膨張開始タイミングを $t_1 = 2(\delta_1 + 2\delta_2)/C$ 、 $t_2 = 4(\delta_1 + \delta_2)/C$ に設定することがで

きる。

〔作用〕

電気機械変換素子を急激に収縮させると共に一定時間保持させ、ついで段階的にかつ急激に所定のレベルの膨張を生じさせることにより、負圧の移動に起因する正圧の発生を防止し、不要なインク滴の吐出を防止することができる。

また、膨張操作に続いて膨張を緩やかに消滅させることにより、インク圧力室内に複雑な圧力波動が生じるのを防止でき、インク吐出を安定化させることができる。

さらに膨張過程における駆動電圧を可変することになり、インク吐出の吐出量の調整が可能になる。

また、複数の膨張の開始のタイミングの各々を

電気機械変換素子の配設位置に基づいて決定することにより、膨張操作に伴って生じるインク圧力室内の負圧を調節し、インク滴を吐出させない程度に打ち消すことができる。

#### 〔実施例〕

以下、第1図～第5図を参照して本発明を具体的に説明する。

第1図(a)、(b)は本発明による駆動方法を説明する駆動電圧の時間-電圧特性図及びインク圧力室内の圧力波動伝播特性図である。また、第2図は本発明に適用されるヘッドの模式的断面図である。

第2図に示すように、インク圧力室1に装着された圧電素子3はインク供給口6とインク吐出口2との間の中間部に位置し、駆動回路18より駆動電圧が印加される。

第1図(a)に示すように、時刻 $t=0$ において急激な電圧を圧電素子3に印加すると、圧電素子3

は収縮する。この状態は印加電圧が一定値(約85V)を維持している間保持され、圧電素子

3の自由振動が抑制される。圧電素子3が収縮した瞬間に、第6図に示したように圧力の高い部分（正圧部分）が形成され、直ちに第8図に示したように2つの正圧部分（領域8、9）が圧力波動となってインク供給口6及びインク吐出口7に向かって速度Cで伝播する。この圧力波動の伝播は第1図（b）の如くなる。

第1図（b）において、dは領域9の正圧1/2  $\Delta P$  がノズル2に向かうことを示し、eはインク吐出口7に到達したことを示している。この到達の瞬間にインク液がインク吐出口7からノズル外へ押し出され、インク滴17が形成される。その後正圧の一部がインク吐出口7で反射してインク供給口6に向かい、以後インク供給口6とインク吐出口7との間を往復する。これが第1図（b）に示すf〜jである。この波動は、i=0において圧電素子3から与えられた波動エネルギーの大部分をインク滴17に与えつくしているため、そのエネルギーは小さなものになっている。

第1図（b）中のkは領域8の正圧がインク供

給口6に向かっていることを示し、その正圧がインク供給口6に到達した時点がlである。このl点で反射（閉口端における反射）が生じ、正圧部分が逆にP<sub>0</sub>より圧力の低い部分（負圧部分）になってインク吐出口7へ向かう（波動m）。また、このとき波動の一部は、インク供給口6から不図示のインクサブタンク等へ送り込まれる。このため、インク吐出口7に向かう反射波のエネルギーは、幾分弱まりながらn点でインク吐出口7に到達すると共に、ここで再反射する。このときの反射は閉端での反射と考えられ、従って、負圧部分はそのままインク供給口6へ向かう（第1図（b）のo）。波動nの発生時点では、インク供給口6とインク吐出口7との距離が20mm〜60mm程度の場合、インク滴17はインク圧力室内のインクに繋がっていることが多い。このため、反射した負圧部分のエネルギーの一部がインク滴17に吸収され、この反射波エネルギーは幾分弱められてPで再び反射する。このとき、インク供給口6で閉口端の反射が生じるため、正圧部分になる（

波動q）。この正圧部分は、このまま放置するとインク吐出口7に到達し、インクを吐出させる可能性がある。この2番目のインク滴は画像品位を劣化させるため、これが生じるのは望ましいことではない。

さらに、第2滴の吐出に伴って不図示のインク供給系からのインク供給口6とインク吐出口7との間へのインク補充に時間を要し、これが周波数特性を劣化させる原因になる。そこで、この正圧部分がrに達したとき、即ち正圧部分が圧電素子3の内側を通過する瞬間、即ち時刻2（ $t_1 + 2t_2$ ）/C（ただし、圧電素子3からインク吐出口7までの距離を夫々 $t_1$ 、 $t_2$ とし、インク圧力室1内の圧力波の速度Cとする）に駆動電圧を下げ、圧電素子3を膨張させ、負圧部分を発生させる。この結果、第10図に示した負圧部分11、12が生じる。このうち、負圧部分12は上記の正圧部分に重なり合うことになる。このとき、電圧の下げ高を選ぶことにより、新たに発生した2つの負圧部分の圧力を調節し、前記正圧部分と負

圧部分とが互いに打ち消すように調整させることができる。

これを実現した駆動電圧が第1図（a）であり、電圧降下部xを零ボルトまで下げることなく或る電圧値y（本実施例では、約40V）に止め、新たに発生させる負圧部分の圧力の下がり具合が小さくなるようにしている。その理由は、正圧部分が既にインク供給口6とインク吐出口7との間を往復して夫々で反射する毎にP<sub>0</sub>との圧力差が小さくなり、更にインクそのものの粘性抵抗、内部抵抗等によっても、同様にP<sub>0</sub>との圧力差が小さくなるため、これを打ち消す為には、電圧降下を駆動電圧の立ち上がり電圧巾（本実施例では約85V）より小さくする必要があるためである。結果として、新たに発生した負圧部分のうち、負圧部分12が唯一インク圧力室1内に残された圧力波になる。これが第1図（b）に示した波動sであり、インク供給口6に向かう。これはvで反射し、正圧部分となって再びインク吐出口7へ向かって波動uとなるが、インク滴を吐出させるほどのエネ

ルギーは持っていない。

次に収縮開始より  $t_2 - t_1$  ( $t_1 + t_2$ ) / C が経過した時点で、駆動電圧を電圧  $y$  から電圧  $z$  まで急激に降下し、第 2 の膨張を生じさせる。この電圧降下によってインク圧力室 1 内には、新たに伝播する負圧部分が生じる。この内の 1 つが、 $t = 0$  のときに圧電素子 4 に与えられた電圧上昇により発生した 2 つの正圧部分の内のインク吐出に関与した領域 9 の正圧を打ち消すように機能する。この圧力波は、すでにインクを吐出させたりインク圧力室 1 内を何往復かしているため、そのエネルギーはかなり弱められおり、したがって、 $w$  点で圧電素子 3 に印加する駆動電圧の電圧降下は、それほど大きくする必要はない。第 1 図 (a) に示す 2 回の電圧降下の幅は、最初の印加電圧  $V_p$  に比例させるべきであるが、インク粘度、インク温度に応じて適宜最適な値を選ぶ必要がある。したがって、場合によっては、電圧  $z$  が零ボルトになるとは限らない。

この場合には、第 1 図 (a) に示すように、電

端に接続されると共に第 4 図 (b) の電圧が印加される入力端子である。尚 5 3 は出力端子である。

第 3 図において、入力端子 4 1 に第 4 図 (a) の電圧が与えられると、電圧の立ち下がりに同期してオン状態にあったトランジスタ 4 3 がオフ状態に転じ、トランジスタ 4 3 のコレクタに電圧が生じ、ダイオード 4 5 及び抵抗 4 6 を介してコンデンサ 4 7 に充電電流が流れる。一定時間の経過後に入力端子 4 1 の印加電圧が "H" レベルになると、トランジスタ 4 3 はオフに転じる。同時に入力端子 5 2 に第 4 図 (b) の波形のパルス電圧が所定の間隔をもって 2 回与えられ、トランジスタ 5 0 がオンになる。トランジスタ 5 0 が瞬時的に 2 回オンすることによって、コンデンサ 4 7 の充電電圧が瞬時的に 2 段階に降下する。コンデンサ 4 7 の充電電圧は、トランジスタ 5 0 がオフになると共に、トランジスタ 4 3 に対してはダイオード 4 5 があるために放電が阻止され、抵抗 4 8 を通してのみ放電が行われる。したがって、抵抗 4 8 を適当に選ぶことにより、垂下部分の時間を

圧  $z$  の状態から緩やかに電圧を降下させ、インク圧力室 1 を徐々に膨張させ、大きな圧力波がインク圧力室 1 内に生じないようにするのが望ましい。

第 3 図は、第 1 図 (a) の駆動電圧を発生する駆動回路 1 8 の詳細を示す回路図である。

4 1 は第 4 図 (a) の電圧が印加される入力端子であり、4 2 は入力端子 4 1 に接続される抵抗、4 3 はベースが抵抗 4 2 の他端に接続されたエミッタ接地による NPN 型のトランジスタである。4 4 は電源 +V とトランジスタ 4 3 のコレクタ間に挿入される抵抗、4 5 はトランジスタ 4 3 のコレクタにアノードが接続されたダイオード、4 6 はダイオード 4 5 のカソードに接続される抵抗、4 7 は抵抗 4 6 の他端とアース間に接続されるコンデンサである。4 8 はコンデンサ 4 7 に並列接続された抵抗、4 9 は抵抗 4 6 の他端に一端が接続された抵抗、5 0 は抵抗 4 9 の他端にコレクタが接続されると共にエミッタ接地による NPN 型のトランジスタ、5 1 はトランジスタ 5 0 のベースに一端が接続された抵抗、5 2 は抵抗 5 1 の他

決定することができる。なお、出力波形 (駆動電圧) の立ち上がりは抵抗 4 4、4 6 によって決定され、急激な電圧降下の電圧幅は第 4 図 (b) のパルス幅によって決定される。また、第 4 図 (a) の電圧波形の谷底の高さ  $V_L$  を変えることにより、第 4 図 (c) の定値部の高さ  $V_H$  を調節し、インク吐出量を調節することができる。

第 5 図 (a)、(b) は、電気機械変換素子として、インダクタンスの性質を有する磁歪素子等を用いた場合の駆動電圧波形を示すものである。第 5 図 (a) に示すように、正の第 1 のパルス電圧によって第 5 図 (b) のように急激に電流が素子に流れ、その後定値状態を保持する。次に、第 1 のパルスより小さい負の第 2 及び第 3 のパルス電圧が順次印加されることによって、素子に流れていた電流は瞬時的に 2 段階に或るレベルまで減じたのち、緩やかに電流が減少する。

〔発明の効果〕

以上より明らかな如く、本発明によれば、インク圧力室の収縮を急激に生じさせると共に、この

収縮を一定時間保持したのち、段階的に膨張を急激に生じさせて収縮を或るレベルまで解く駆動電圧を電気機械変換素子に印加することにより、その印加時に生じる2つの正圧の一方を吸収消滅させて、メニスカスの振動を有効に抑え、平衡状態への復帰を速やかに実現し、安定にインク吐出を行うことができるので、画像の品位や周波数特性を劣化させることがない。

また、段階的な膨張操作に加えて、その膨張を緩やかに消滅させることにより、インク圧力室内に複雑な圧力波動を生じさせることがなく、インク吐出を安定に行うことができる。

さらに、膨張過程における駆動電圧を可変することによって、インク吐出量を調整することができる。

また、複数の膨張の開始タイミングを電気機械変換素子の配設位置に基づいて決定することにより、インク圧力室内の負圧を調整してインク滴を吐出させない程度に打ち消すことができ、インク吐出の安定化に寄与することができる。

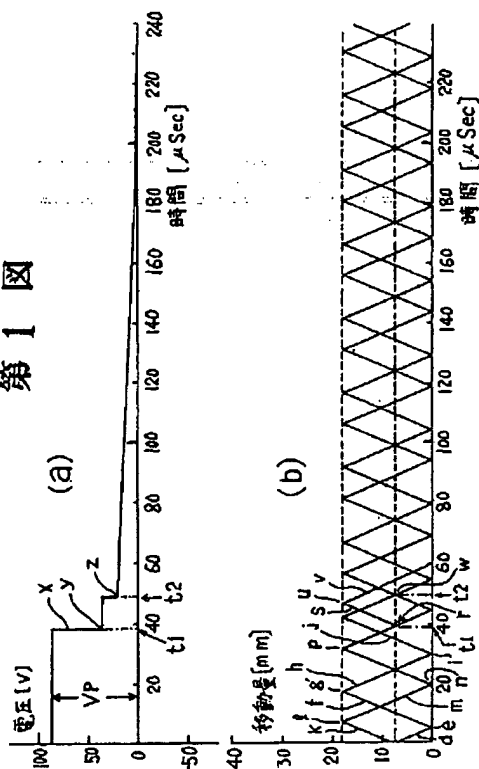
#### 4. 図面の簡単な説明

第1図(a)、(b)は本発明による駆動方法を説明する駆動電圧の時間-電圧特性図及びインク圧力室内の圧力波動伝播特性図、第2図は本発明に適用されるヘッドの模式的断面図、第3図は第1図の駆動電圧を発生する駆動回路18の詳細を示す回路図、第4図(a)、(b)、(c)は第3図の回路の入力電圧波形図及び出力電圧波形図、第5図(a)、(b)は本発明の他の駆動方法を説明する駆動電圧波形図及び素子通電波形図、第6図はインク滴の吐出動作を説明する原理説明図、第7図は従来の駆動電圧波形を示す電圧波形図、第8図～第12図はインク圧力室内の圧力波動発生説明図である。

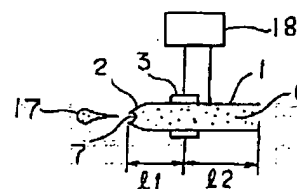
1.....インク圧力室、2.....ノズル、3.....  
.....圧電素子、18.....駆動回路。

代理人 弁理士 大音 康毅

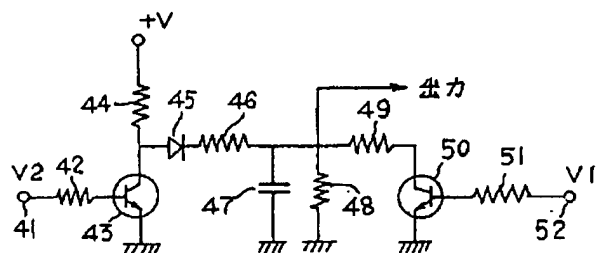
第1図



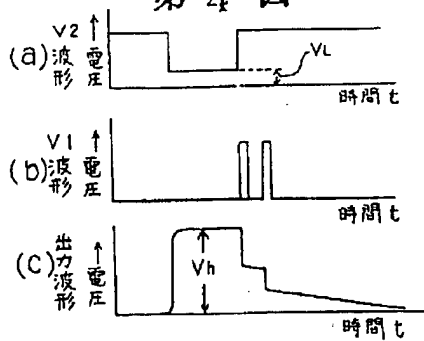
第2図



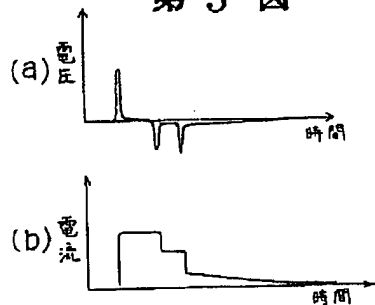
第3図



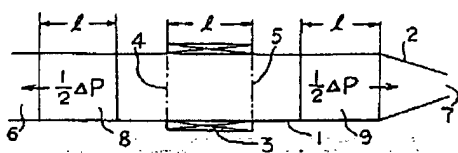
第 4 図



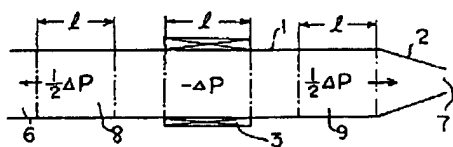
第 5 図



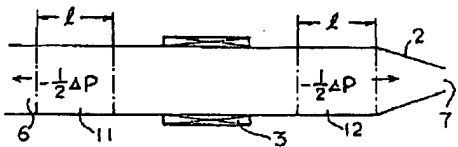
第 8 図



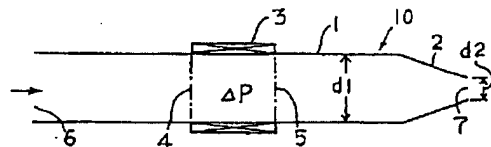
第 9 図



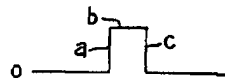
第 10 図



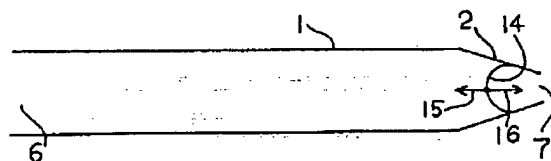
第 6 図



第 7 図



第 11 図



第 12 図

